

# PEMAKAIAN JARINGAN SARAF TIRUAN UNTUK MENDETEKSI KESALAHAN PRINTED CIRCUIT BOARD (PCB)

Erdhi Widyarto N<sup>1)</sup>, Thomas Sri Widodo<sup>2)</sup>, Litasari<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Fakultas Teknik Industri Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang

<sup>2)</sup> Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

<sup>3)</sup> Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

## ABSTRAK

*In mass production printed circuit board (PCB) manufacturing, sometimes PCB gets defects. Manual inspection is slow, and does not assure high quality. This research aim is search and analysis using artificial neural network to defect PCB inspection. To determining characteristic of defect PCB is used Euler number, boundary and circle drill*

*The defects PCB pattern to be investigated are spurs, break, short, hole, breakout, overetch, underetch, wrong size hole, island, and mouse bite. Determining characteristic of each defect PCB pattern to get data trained. This data is trained for artificial neural network by backpropagation method. Then neural network models is used defect PCB inspection.*

*This result of research indicate that artificial neural network can detect defect PCB pattern and Euler number, boundary and circle drill can used for determining characteristic.*

**Keywords :** Artificial Neural Network, Euler Number, Boundary, Circle drill, Printed Circuit Board(PCB)

## I. PENDAHULUAN

Pada produksi massal pembuatan *Printed Circuit Board* (PCB) kadang terjadi suatu kesalahan. Untuk mendeteksi kesalahan tersebut diperlukan ketelitian yang tinggi oleh mata manusia.

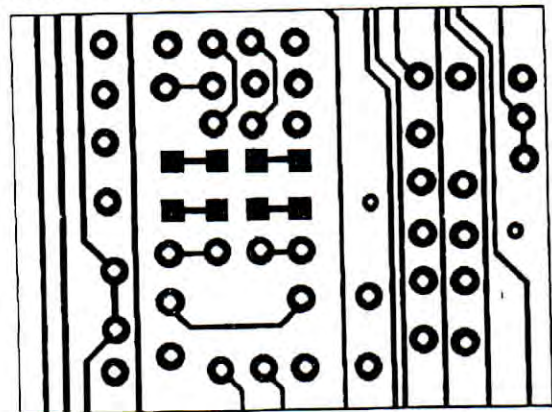
Pada penulisan ini dinyatakan suatu metode dalam mendeteksi kesalahan PCB secara otomatis dengan menggunakan jaringan saraf tiruan.

Jaringan saraf tiruan adalah suatu algoritma yang meniru jaringan otak manusia [2]. Model otak manusia dalam mengenali suatu pola, dilakukan beberapa pelatihan sampai otak manusia tersebut mampu mengenali suatu pola dengan benar. Otak manusia mengenali setiap pola yang berbeda karena adanya ciri dari pola-pola tersebut. Jaringan Saraf tiruan mengenali setiap pola dengan mengetahui ciri dari pola tersebut. Penentuan ciri untuk pola cacat PCB dilakukan dengan banyak metode. Pada Penulisan ini penentuan ciri yang digunakan adalah bilangan Euler, batas (deteksi tepi), dan lingkaran bor PCB.

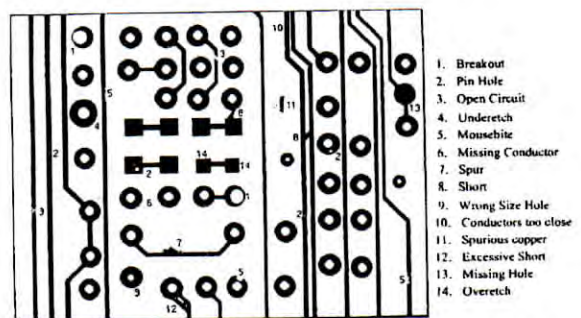
## II. PENENTUAN CIRI POLA CACAT PCB

### A. Pola cacat PCB

Menurut Moganti[1] ada 14 pola cacat pada PCB. Pola cacat tersebut dapat digambarkan pada gambar 2. sedangkan pola yang tanpa cacat digambarkan pada gambar 1



Gambar 1 PCB yang tidak cacat



Gambar 2 PCB yang cacat beserta klasifikasi cacatnya

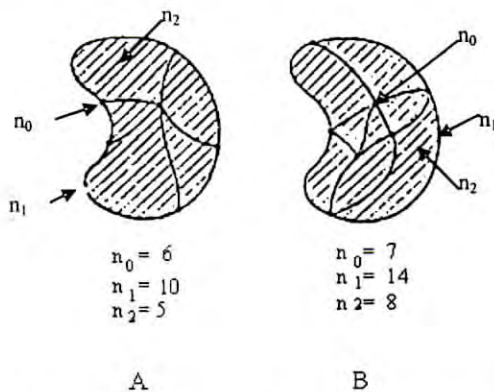
Pada penulisan ini beberapa pola cacat tersebut digabungkan sehingga diberikan 10 pola cacat saja. Pola cacat tersebut adalah *Breakout*, *Pin Hole* atau *Hole*, *Open circuit* atau *break*, *Underetch*, *Mousebite* atau kropos, *Spur*, *Short*, *Wrong size hole*, *Spurious copper* atau pulau, *Overetch*.



## B. Bilangan Euler dan citra triangulasi

Bilangan Euler adalah bilangan yang menyatakan banyaknya obyek yang berbeda atau yang saling terpisah antara satu obyek dengan obyek lainnya (termasuk titik, garis, dan lingkaran) dikurangi dengan banyaknya lubang di dalam obyek tersebut.

Dalam Gambar 3, di umpamakan diberikan citra biner, dibuat garis sembarang melalui suatu area misalnya area itu disebut daerah A (daerah yang bernilai 1). Garis tersebut berhenti pada suatu tepi atau pada garis lain. Sehingga daerah A yang terbentuk area yang mempunyai tiga sisi.



Gambar 3 Triangulasi pada sebuah obyek

$n_0$  adalah banyaknya puncak pada daerah A,  $n_1$  adalah banyaknya segmen garis pada daerah A, dan  $n_2$  adalah banyaknya area segitiga pada daerah A. Maka bilangan Euler pada citra tersebut didefinisikan sebagai

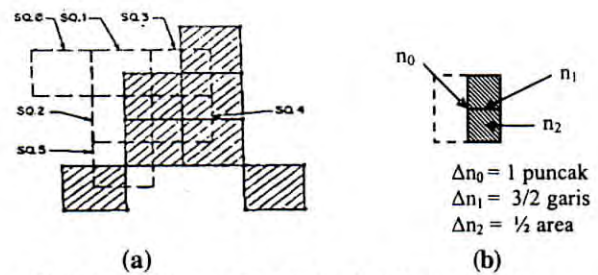
$$E = n_0 - n_1 + n_2$$

Obyek citra A mempunyai bilangan Euler ( $E$ ) =  $6 - 10 + 5 = 1$ .

Untuk Obyek citra B, yang dibuat garis sembarang lebih banyak sehingga terbentuk area segitiga yang lebih banyak. Jika diambil nilai  $n_0$ ,  $n_1$  dan  $n_2$  maka besarnya bilangan Euler ( $E$ ) untuk obyek citra B adalah  $7 - 14 + 8 = 1$ .

Besarnya bilangan Euler ( $E$ ) untuk obyek citra A dan B adalah sama. Maka besarnya bilangan Euler tidak terikat pada banyaknya triangulasi pada daerah tersebut.

Untuk memperoleh suatu rumusan untuk bilangan Euler ( $E$ ), rumusan triangulasi diadopsikan dalam semua area yang bernilai 1 (obyek pada citra dan bukan lubang). Obyek yang bernilai 1 ini dibagi menjadi beberapa bagian kemudian ditandai dengan beberapa puncak dan segmen garis pada obyek tersebut. hal ini dapat digambarkan pada gambar 4.



Gambar 4 Triangulasi pada obyek square lattice

$n_0$ ,  $n_1$  dan  $n_2$  dihitung dan dijumlahkan melalui beberapa kelompok sel pada obyek tersebut. Kelompok sel dapat terdiri dari sebuah unit segmen garis, sebuah puncak dan  $1/4$  area.  $\Delta$  menyatakan banyaknya anggota sehingga  $\Delta n_0$  menyatakan banyaknya puncak pada cell tersebut.  $\Delta n_1$  menyatakan banyaknya segmen garis pada area tersebut dan  $\Delta n_2$  menyatakan besarnya sub area. Sebagai contoh pada gambar 2.4(b) kontribusi pada SQ2 adalah  $\Delta n_0$  adalah 1 puncak. Untuk  $\Delta n_0$  ini hanya ada nilai 0 puncak dan 1 puncak karena adanya titik pusat ditengah area tersebut.  $\Delta n_1$  adalah  $3/2$  garis. Untuk  $\Delta n_1$  nilai maksimal adalah 2 garis, dihitung dari satu garis horisontal dan satu garis vertikal. Pada kasus gambar 2.4(b) ada satu garis vertikal dan  $1/2$  garis horisontal. Untuk  $\Delta n_2$  adalah  $1/2$  area. Nilai maksimal  $\Delta n_2$  adalah 1 area. Untuk gambar 2.4(b) hanya ada  $1/2$  area. Dari Gambar 2.4(a) kontribusi pada tiap kelompok sel diberikan sebagai berikut :

Square	Quad Type	$\Delta n_0$	$\Delta n_1$	$\Delta n_2$	$\Delta(n_0 - n_1 + n_2)$
0	SQ0	0	0	0	0
1	SQ1	1	1	$1/4$	$1/4$
2	SQ2	1	$3/2$	$1/2$	0
3	SQ3	1	2	$3/4$	$-1/4$
4	SQ4	1	2	1	0
5	SQD	1	2	$1/2$	$-1/2$

Dengan menjumlahkan semua sel akan memberikan perhitungan atas seluruh citra tersebut

$$4 \sum \Delta(n_0 - n_1 + n_2) = n(SQ1) - n(SQ3) - 2n(SQD)$$

Dengan menjumlahkan  $\Delta(n_0 - n_1 + n_2)$  pada citra tersebut akan diperoleh bilangan Euler dengan notasi W

$$4W = n(SQ1) - n(SQ3) - 2n(SQD)$$

Dengan  $n$  menyatakan banyaknya anggota



### C. Perimeter

Perimeter adalah proses menentukan batas suatu area. Proses ini menggunakan struktur elemen matriks (3x3).

Proses *Dilasi* dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$E = S - (B / B) \quad \text{dengan asumsi } 0/0 = 0$$

E adalah Citra *Output*. B adalah obyek dan S adalah Struktur elemen. Citra keluaran didapat dari piksel asal / *origin* nilainya tetap satu jika piksel asal tersebut bernilai satu dan nilai piksel tetangganya ada yang bernilai 0. Gambar 5 menggambarkan proses perimeter sehingga menghasilkan batas area tersebut.

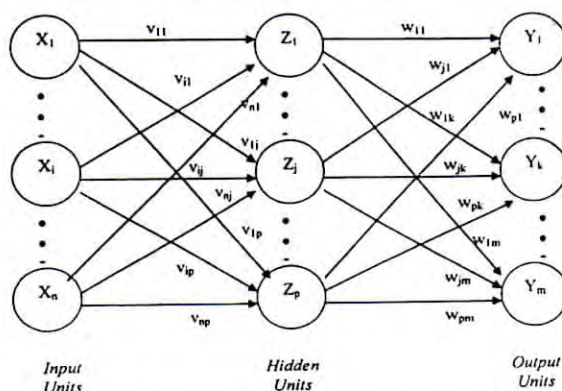


Gambar 5 Operasi Perimeter

## III. PERANCANGAN JARINGAN SARAF TIRUAN

### A. Metode Backpropagation

Metode *Backpropagation* adalah salah satu metode dalam jaringan saraf tiruan. Ciri metode tersebut adalah meminimalkan kesalahan pada keluaran yang dihasilkan oleh jaringan. Dalam metode *Backpropagation*, biasanya, digunakan jaringan multilapis. Sebagai contoh, pada Gambar 6 digambarkan jaringan dengan sebuah lapisan tersembunyi. Dalam jaringan, selain terdapat unit-unit masukan, unit-unit tersembunyi (*hidden units*) dan keluaran juga terdapat bias yang diberikan pada unit-unit tersembunyi dan keluaran.



Gambar 6. Model jaringan Backpropagation

Pada Gambar 6, unit masukan dilambangkan dengan X, hidden unit dilambangkan dengan Z, dan unit keluaran dilambangkan dengan Y. Sedangkan, untuk bobot antara X dan Z dilambangkan dengan v dan bobot antara Z dan Y dilambangkan dengan w. Untuk bias, biasanya, dipakai indeks 0.

Pelatihan dengan metode *Backpropagation* terdiri atas tiga langkah, yaitu:

- Data dimasukkan ke masukan jaringan (*feedforward*)
- Perhitungan dan propagasi balik dari kesalahan yang bersangkutan.
- Pembaharuan (*adjustment*) bobot dan bias.

### B. Data Pelatihan

Sepuluh pola PCB cacat diambil beberapa ciri yang kemudian menjadi nilai masukan untuk sistem jaringan saraf tiruan. Dalam penentuan ciri terdapat tiga unsur yaitu:

- Menyinggung batas jalur diberi nilai 1 dan jika tidak bernilai 0.
- Menyinggung lingkaran bor PCB diberi nilai 1 dan jika tidak bernilai 0.
- Untuk pengkodean bilangan *Euler* diberi kode:

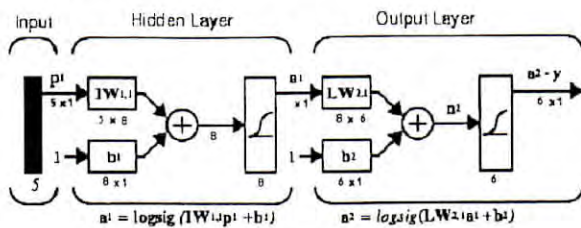
Bilangan <i>Euler</i>	kode
0	1 0 0
1	0 1 0
2	0 0 1
Lainnya	0 1 1

Data himpunan pelatihan dibagi menjadi dua yaitu himpunan dari citra positif dan himpunan data input dari citra negatif. Pembagian ini didasari atas hasil dari pemisahan pola-pola cacat pada saat pengujian. Karena himpunan pelatihan data input ada dua maka sistem jaringan saraf dipakai dua sistem yaitu:

- Untuk pola cacat hasil dari Citra referensi dikurangi citra Uji (citra Positif)
- Untuk pola cacat hasil dari Citra Uji dikurangi citra referensi (citra Negatif)

Data pelatihan input dan target citra positif :			Target
<i>Spurs</i>	=	1 0 0 1 0 ([batas] [bor] [bil.Euler])	1 0 0 0 0
<i>Short</i>	=	1 0 0 0 1	0 1 0 0 0
<i>Wrong size Hole</i>	=	0 1 1 0 0	0 0 1 0 0
<i>Pulau</i>	=	0 0 1 0 0	0 0 0 1 0
<i>Overetch</i>	=	1 0 1 0 0	0 0 0 0 1
Tak Terprediksi	=	1 1 0 1 0, 1 1 0 0 1, 1 1 0 1 1, 1 1 1 0 0	0 0 0 0 0 1
Data pelatihan input dan target citra negatif :			Target
<i>Breakout</i>	=	0 1 1 0 0, 1 1 0 1 0, 1 1 0 0 1, 1 1 0 1 1	1 0 0 0 0
<i>Hole</i>	=	0 0 1 0 0	0 1 0 0 0
<i>Mousebite</i>	=	1 0 0 1 0	0 0 1 0 0
<i>Break</i>	=	1 0 0 0 1	0 0 0 1 0
<i>Underetch</i>	=	1 0 1 0 0, 1 1 1 0 0	0 0 0 0 1
Tak terprediksi	=	1 0 0 1 1	0 0 0 0 0 1

Gambar 7 menyatakan arsitektur jaringan untuk klasifikasi hasil dari citra negatif dan positif adalah sebagai berikut:

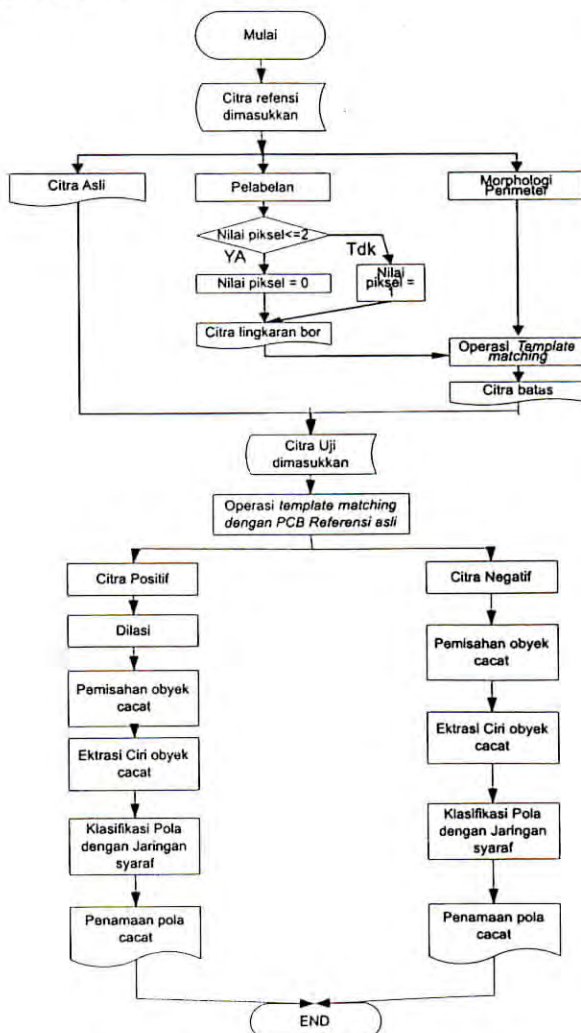


Gambar 7 Arsitektur jaringan untuk citra Negatif dan positif

#### IV. PROSES PENGUJIAN PCB

##### A. Algoritma pengujian PCB

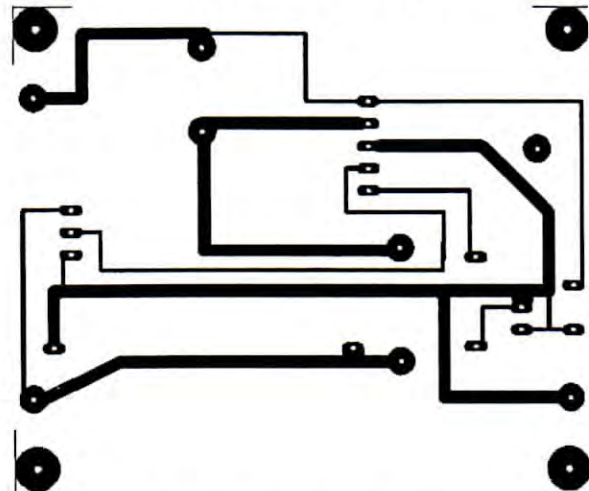
Gambar 8 menyatakan diagram alir proses pengujian PCB yang cacat:



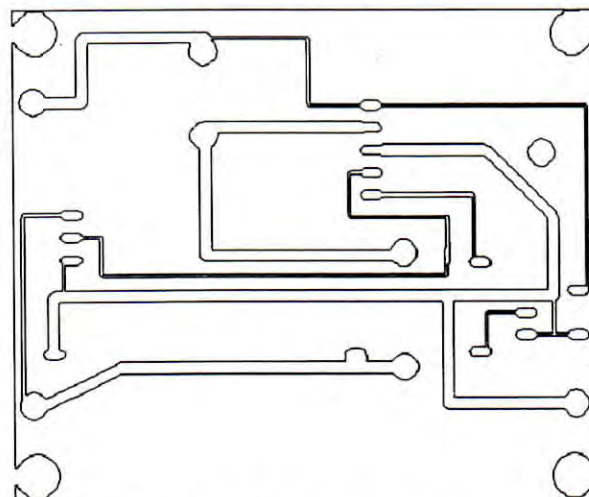
Gambar 8 diagram alir proses pengujian

Citra referensi dimasukkan. Dari citra referensi ini dihasilkan citra referensi asli(gambar 9), citra referensi batas (gambar 10)dan citra

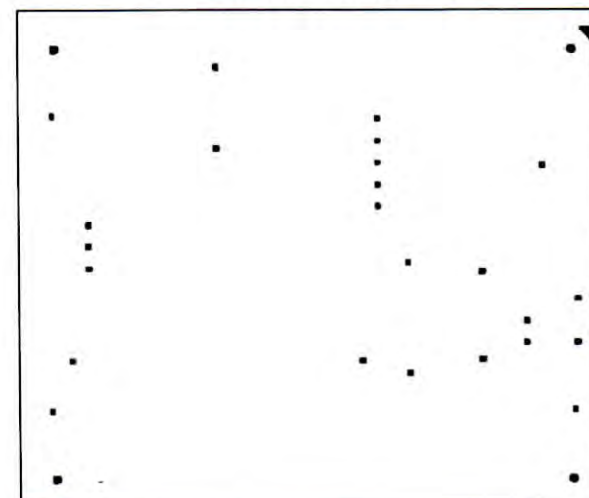
referensi lingkaran bor (gambar 11). Citra referensi asli digunakan untuk proses *template matching* atau operasi XOR dengan citra PCB yang diuji dan menghasilkan citra pola cacat (gambar 12). Hasil citra tersebut adalah citra negatif.



Gambar 9. citra referensi

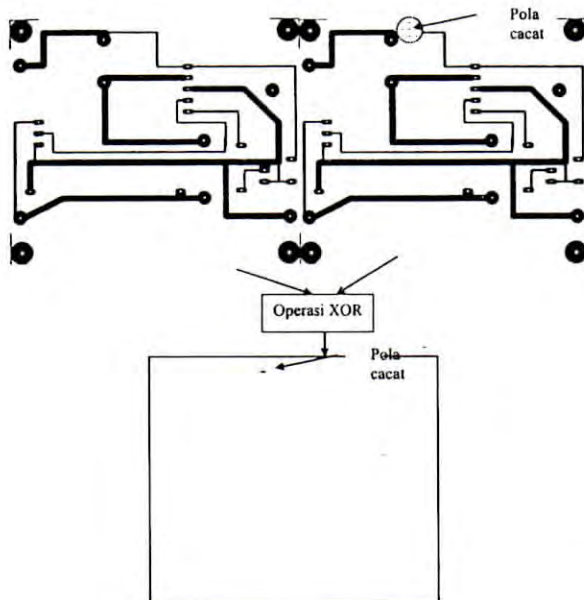


Gambar 10. Citra referensi batas



Gambar 11. Citra referensi Lingkaran bor





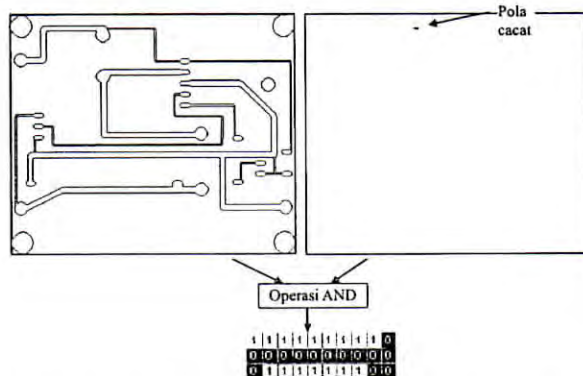
Gambar 12. Operasi XOR

Setelah didapat citra pola cacat yaitu hasil dari operasi XOR, kemudian ditentukan ciri dari pola cacat tersebut. Penentuan tersebut dengan melakukan dua kali operasi AND yaitu

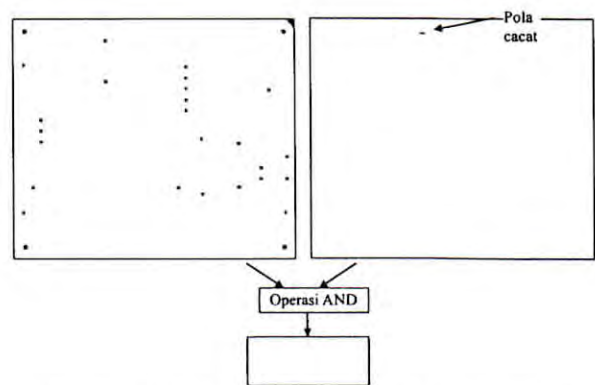
- Operasi AND antara citra pola cacat dengan citra referensi batas (gambar 13)
- Operasi AND antara citra pola cacat dengan citra referensi lingkaran bor (gambar 14)

Dari gambar 13 dinyatakan citra pola cacat menyentuh batas (adanya piksel bernilai 1) dan dari citra hasil operasi AND antara citra pola cacat dengan citra referensi batas, ditentukan bilangan Eulernya. Bilangan Euler untuk contoh gambar 13 adalah 2. Jika dikodekan adalah 001.

Dari gambar 14 dinyatakan citra pola cacat tidak menyentuh citra lingkaran bor. Hal ini dinyatakan hasil operasi AND antara citra pola cacat dengan citra referensi bor menghasilkan citra kosong.



Gambar 13 Operasi AND antara citra pola cacat dengan citra referensi batas



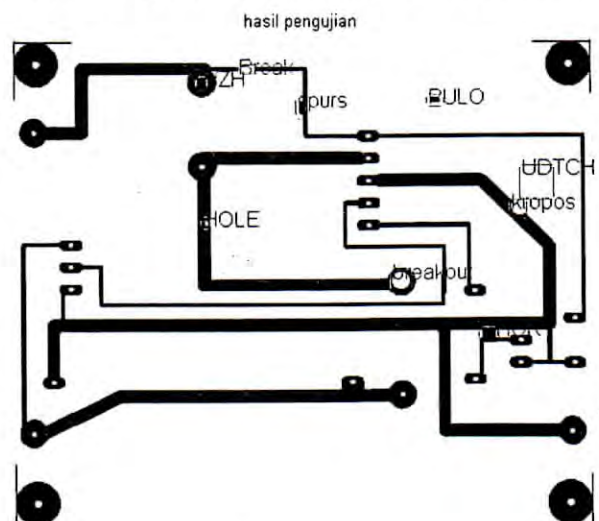
Gambar 14 Operasi AND antara citra pola cacat dengan citra referensi Link.bor

Untuk contoh citra uji PCB diatas mempunyai pola cacat yang bercirikan:

Menyinggung batas, tidak menyinggung lingkaran bor dan mempunyai bilangan Euler adalah 2. sehingga jika dikodekan adalah 1 0 0 0 1. Kode tersebut sebagai masukan untuk jaringan saraf tiruan yang telah terlatih. Hasil keluaran dari jaringan saraf tiruan adalah 0.0414 0.0354 0.0080 0.7588 0.0413 0.1119. jika disesuaikan dengan target pola citra tersebut adalah *break*

## B. Hasil Pengujian

Gambar 15 menyatakan contoh hasil dari pengujian PCB cacat yang memiliki 9 pola cacat Yaitu *hole*, *spurs*, *wrong size hole*, kropos atau *mouse bite*, *underetch*, pulau, *break*, *breakout* dan *short*



Gambar 15 citra hasil pengujian PCB

## V. KESIMPULAN

Keberhasilan jaringan saraf tiruan untuk mengklasifikasi pola kesalahan pada PCB yang cacat tergantung dari penentuan ciri dari tiap-tiap

pola yang cacat. Penentuan ciri dari tiap-tiap pola cacat dapat ditentukan dengan penentuan batas, penentuan lingkaran bor PCB dan penentuan bilangan Euler. Tingkat keberhasilan metode backpropagation dalam mengklasifikasi pola-pola cacat pada PCB sangat tinggi

Beberapa kelemahan yang tidak terprediksi dengan benar akibat penentuan ciri yang salah. Kelemahan tersebut adalah kesalahan dalam penentuan lingkaran bor, kesalahan akibat *noise salt and pepper*, kesalahan akibat pemisahan pola, penentuan ciri pola-cacat tertentu dan kesalahan akibat pergeseran antara citra PCB cacat dengan PCB referensi

#### DAFTAR PUSTAKA

1. M.Moganti, F ErcalC.,H.Dagli,dan S.Tsunekagawa,1996,"Automatic PCB inspection Algorithms : a survey", *Computer Vision and Image Understanding*, vol 6,no2.pp 187 - 313
2. Fausett,Laurance.1994. *Fundamentals of Neural Networks*, Englewoods Cliff: Prentice hall,USA
3. Timot Hidvegi dan Peterszolgay, 2001, "Some New Analogic CNN Algorithms for PCB quality Control", European Conference on Circuit Theory and Design, Espoo, Finlandia.
4. Thomas Sri Widodo, Modelling of Automatic Inspection Methode for Integrated Circuits.Yogyakarta
5. Ibrahim, Zuwairie dan Al-Attas, Syed Abdul Rahman, 2004, *Wavelate-Based Printed Circuit Board Inspection System*, International Journal of Signal Processing. Vol 1.
6. W.wen-Yen, J.Mao-Jiun, J.wang and L.Chih-Ming,"Automated inspection of printed circuit board through machine vision", *Computers in Industry*,vol 28 , issue 2, 1996, pp 103 -111
7. Kuswara Setiawan, 2001, Paradigma Sistem Cerdas, Bayumedia Publishing, Malang
8. Castleman, K.R.,1996, *Digital Image Processing*, McGraw-Hill, Inc., New York
9. Jain, Anil K, 1989, *Fundamental of Digital Image Processing*, Prentice-Hall International, Inc. USA
10. S.B Gray,"Local properties of binary Images in two dimension", IEEE Trans. Computer, vol C-20. no 5 May 1971, pp 551 – 561